



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

1989-215140

(11) Publication number: **01215140 A**(43) Date of publication of application: **29.08.89**

(51) Int. Cl.

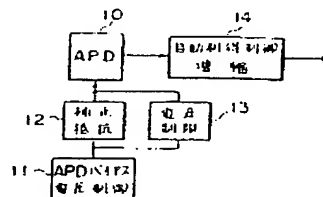
**H04B 9/00****H03G 3/20**(21) Application number: **63040085**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**(22) Date of filing: **23.02.88**(72) Inventor: **NISHIMOTO HIROSHI**(54) **OPTICAL RECEIVER**

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&amp;Japio

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To improve the maximum allowable photoreception power by amplifying the output signal of an avalanche photodiode while controlling the gain of the amplifier so as to make the signal level constant.

**CONSTITUTION:** The optical current of the avalanche photodiode (APD) 10 is increased as the optical input becomes larger, a voltage drop in a correction resistance circuit 12 is increased, an APD bias voltage is decreased to control the current multiple characteristic to an optimum value. When the optical input is increased to a value or over, the voltage drop in the correction resistance circuit 12 is too large, the current multiple factor is lowered and the frequency characteristic of the APD is deteriorated. In such a case, the voltage drop of the correction resistance circuit 12 is limited by a prescribed value by the voltage limit circuit 13 and the current multiple factor is fixed to a prescribed value. Thus, the maximum allowable photodetection power of the optical receiver is improved.



## ⑫ 公開特許公報(A) 平1-215140

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>H 04 B 9/00  
H 03 G 3/20

識別記号

庁内整理番号

S-8523-5K  
C-7210-5J

④ 公開 平成1年(1989)8月29日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光受信器

⑯ 特 願 昭63-40085

⑰ 出 願 昭63(1988)2月23日

⑱ 発 明 者 西 本 央 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光受信器

## 2. 特許請求の範囲

アバランシェフォトダイオード(10)と、

該アバランシェフォトダイオード(10)に所定の逆バイアス電圧を印加するAPDバイアス電圧制御回路(11)と、

該アバランシェフォトダイオード(10)のAPD光電流通路に直列に挿入された補正抵抗回路(12)と、

該補正抵抗回路(12)の両端に生じる降下電圧を所定値で制限する電圧制限回路(13)と、

該アバランシェフォトダイオード(10)の出力信号をその信号レベルが一定値になるように増幅器利得を制御しつつ増幅を行う自動利得制御型増幅回路(14)と  
を具備する光受信器。

## 3. 発明の詳細な説明

## (概要)

例えば光通信システムに用いられる光受信器に関し、

最大許容受光電力を改善することを目的とし、

アバランシェフォトダイオードと、アバランシェフォトダイオードに所定の逆バイアス電圧を印加するAPDバイアス電圧制御回路と、アバランシェフォトダイオードのAPD光電流通路に直列に挿入された補正抵抗回路と、補正抵抗回路の両端に生じる降下電圧を所定値で制限する電圧制限回路と、アバランシェフォトダイオードの出力信号をその信号レベルが一定値になるように増幅器利得を制御しつつ増幅を行う自動利得制御型増幅回路とを含み構成される。

## (産業上の利用分野)

本発明は、例えば光通信システムに用いられる光受信器に関する。

光通信システムにおいては伝送速度の超高速化

に伴い、超高速光伝送システムに適用される光受信器のアイ開口度および最大許容受光電力を改善することが必要とされる。

#### (従来の技術)

従来の光受信器が第5図に示される。第5図において、1はアバランシェフォトダイオード(APD)、2はAPD1の出力信号を可変利得Gで増幅する利得可変増幅器、3は利得可変増幅器2の出力信号のピーク値検出を行うピーク値検出回路、8はAPD1に逆バイアス電圧を印加するAPDバイアス電圧制御回路、9は出力信号S<sub>o</sub>の信号レベルを一定とすべく利得可変増幅器2の利得GおよびAPDバイアス電圧制御回路8からAPD1へ印加されるバイアス電圧を制御する自動利得制御(AGC)回路である。

この従来型光受信器は、光入力P<sub>in</sub>のレベルが小さい領域では利得可変増幅器2の増幅器利得Gを一定に保ちつつAPDバイアス電圧制御回路8からの印加バイアス電圧を変化させてAPD1の

電流増倍率Mを制御してAGC制御を行い、一方、光入力レベルが大きい領域ではAPD1の増倍率Mを固定して利得可変増幅器2の利得Gを制御してAGC制御を行う。

すなわち、第6図は従来型光受信器の制御特性を説明する図であり、図中、横座標は光入力レベル(dBm)を表し、左縦座標はAPD1の電流増倍率Mを、また右縦座標は利得可変増幅器2の電気利得G(dB)を表す。曲線(4)はAPD1の電流増倍率Mの特性曲線であり、曲線(5)は利得可変増幅器2の電気利得Gの特性曲線である。

この第6図からも分かるように、光入力P<sub>in</sub>のレベルが小さい領域(-40~-20dBm付近)では利得可変増幅器2の電気利得Gをほぼ一定としつつAPD1の電流増倍率Mを光入力レベルに応じて変化させ、それにより入射光をAGC制御しつつ受信している。また光入力レベルが大きい領域(-20~-10dBm付近)ではAPD1の電流増倍率Mをほぼ一定としつつ利得可変増幅器2の電気利得Gを変化させて、入射光をAGC制御しつつ受信して

いる。

このような従来型的光受信器では、光入力P<sub>in</sub>の増加に対してS/N比の改善度が小さいという問題がある。すなわち、第4図(A)は従来のAGC方式による光受信器(受光素子として利得帯域幅積3.5GHzのGaInAsのAPDを用いた)を用いて1.8Gb/sで等誤り率曲線によりアイパターンを評価した結果を示す図である。図中、横軸は1タイムスロット長を、また縦軸は識別回路入力振幅を表し、各アイパターン評価結果は上から光入力レベルがそれぞれ-34、-30、-25、-20(dBm)についてのものである。

この図からも明らかなように、光入力レベルが小さい領域では、光入力P<sub>in</sub>を上げてもアイ開口の改善度が小さい。この原因は、従来型光受信器では、光入力P<sub>in</sub>が増加するに従ってAPD1の電流増倍率Mの最適値からのズレが大きくなるためである。すなわち、第6図に示される如く、APD1のS/N比が最良となる最適の電流増倍率特性は計算上は曲線(1)のようなものとなる。一

方、単にAPD1の電流増倍率MのみでAGC制御を行った場合の電流増倍率特性曲線は曲線(4)に示されるようなものである。従来型光受信器では光入力P<sub>in</sub>の増加に従いAPD1の電流増倍率Mが最適値曲線(1)から大きく外れてしまう。

さらに従来型光受信器では光入力レベルが小さい領域での電流増倍率Mの変化が大きいことから、APD1の利得帯域幅積が一定であるという条件より光入力レベル小領域においてAPD1の帯域幅変化が大きくなり、このことにより受信信号の波形が変化を受けて歪むことも原因の一部と考えられる。これらの原因により、従来型光受信器ではアイ開口の改善度が小さく、使用する光入力レベル領域におけるアイマージンが小さくなる。特に更に高速化された超高速光通信システムにおいては、前述の利得帯域幅積に起因した受信波形変化の影響が大きくなりアイ開口度を悪化させるものと考えられる。

このような問題点を解決するものとして、本出願人は昭和62年7月17日付けの発明の名称「

光受信回路」と称する特許出願(特願昭62-4582)において改良型の光受信器を提案した。この改良型の光受信器が第7図に示される。この光受信器はAPDの電流増倍率Mの制御をAGCフィードバックループから外してあり、それにより光入力レベルが小さい領域での電流増倍率Mの変化量を小さく抑えて帯域幅変化を抑制し、入力信号に対するAGC制御は専ら電気増幅回路でのみ行っている。

すなわち、第7図において、APDに逆バイアス電圧を印加するAPDバイアス電圧制御回路5はAGCフィードバックループから切り離されて設けられ、このAPDバイアス電圧制御回路5からの逆バイアス電圧は補正抵抗器6を介してAPDに印加される。APDからの出力信号は利得可変増幅器2、ピーク検出回路3およびAGC回路4からなる従来公知の自動利得制御型増幅回路によってその信号レベルが一定となるようにされる。またAPDバイアス電圧制御回路5は温度補償回路を備えており、それによりAPDの

温度変化に対してその電流増倍率Mが変化されることのないように、その印加バイアス電圧の大きさが制御される。

第8図はかかる改良型光受信器の制御特性を示す特性図であり、各座標軸は第6図と同様なものである。図中、曲線(1)はAPDの計算上の最適の電流増倍率M特性曲線、曲線(6)は改良型光受信器における実際のAPD電流増倍率Mの特性曲線、曲線(7)は利得可変増幅器2の電気利得Gの特性曲線である。

この改良型光受信器においては、光入力レベルが小さい点、例えば光入力レベルが-30dBm付近でAPDの電流増倍率Mが最適値となるように、APDバイアス電圧制御回路5からのバイアス電圧の値を調整する。APDに印加される逆バイアス電圧が一定の場合は電流増倍率Mも一定となるが、光入力レベルが増加するに従ってAPDに流れるAPD光電流 $I_0$ の大きさが増大し、従って補正抵抗器6における電圧降下も光入力レベルに比例して増大し、結局、APDに印加され

る逆バイアス電圧の大きさは光入力レベルの増加に伴い減少することになる。

これによりAPDの電流増倍率Mを光入力レベルの増加に従って減少する特性とすることができ、この際、補正抵抗器6の抵抗値を適当に設定すれば、APD電流増倍率特性曲線(6)を計算上の最適電流増倍率特性曲線(1)に近似させることができる。

このようにAPDの逆バイアス電圧印加回路5をAGCフィードバックループから切り離しかつAPDの光電流通路に直列に補正抵抗器6を挿入することによりAPD電流増倍率Mを最適値に近づけると共にダイナミックレンジを確保することができる。また光入力レベルの小領域におけるAPDの帯域幅変化も抑えられることから、超高速伝送速度においてもアイ開口度を改善することができるものである。

第4図(B)はこの改良型光受信器についてのアイパターン評価結果を示した図であり、この図からも明らかなように、第4図(A)の従来方式

に比べて光入力レベルの小さい領域でアイ開口の改善度が大きくなっている。

#### (発明が解決しようとする問題点)

APDは一般に或る電流増倍率以下では周波数特性が急激に劣化し、例えばGaInAs-APDでは電流増倍率 $M=2$ 以下で周波数特性が劣化する。上述の改良型光受信器では、光入力レベルが増大するに従って補正抵抗器の両端電圧降下が増大し、それにより逆バイアス電流値が下がって電流増倍率Mが小さくなってゆくものであるが、補正抵抗器両端電圧は光入力レベルの増大に正比例して降下し続けるものであるから、或る受光電力以上では電流増倍率が小さくなり過ぎてAPDの周波数特性が急激に劣化し、従って最大許容受光電力が制限される。

例えば第8図に図示した例では光入力レベル-13dBm以上で電流増倍率Mが2以下となり、周波数特性が劣化し、したがってこの光入力レベル-13dBmが最大許容受光電力( $P_{max}$ )となる。

通常、最大許容受光電力としてはこの $-13\text{ dBm}$ 程度で充分であるが、更に高い最大許容受光電力が要求される場合は問題となる。

したがって本発明の目的は、最大許容受光電力を改善した光受信器を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

第1図は本発明に係る原理説明図である。

本発明に係る光受信器は、アバランシェフォトダイオード10と、アバランシェフォトダイオード10に所定の逆バイアス電圧を印加するAPDバイアス電圧制御回路11と、アバランシェフォトダイオード10のAPD光電流通路に直列に挿入された補正抵抗回路12と、補正抵抗回路12の両端に生じる降下電圧を所定値で制限する電圧制限回路13と、アバランシェフォトダイオード10の出力信号をその信号レベルが一定値になるように増幅器利得を制御しつつ増幅を行う自動利得制御型増幅回路14とを具備してなる。

路4からなるAGC型増幅回路を介して一定値にされ、図示しない信号識別回路に送出される。

APDバイアス電圧制御回路5は、温度特性補償回路50、演算増幅器51、DC-DCコンバータ52等を含み構成されており、その出力電圧は補正抵抗器6を介してAPD1に逆バイアス電圧として印加される。温度特性補償回路50は抵抗器501と502でベース電圧が設定され、コレクタ抵抗503とエミッタ抵抗504が接続されたトランジスタ505のコレクタから出力するように構成されており、この出力電圧は演算増幅器51、DC-DCコンバータ52、帰還抵抗器55からなる負帰還増幅回路に入力され、DC-DCコンバータ52で高電圧に変換されてAPD1に印加される。

このAPDバイアス電圧制御回路5の出力電圧は、補正抵抗器6を介したAPD1への印加電圧が、光受信器への光入力レベルが小さい領域( $-30\text{ dBm}$ 付近)でAPD1に最適の電流増倍率Mを与えるような値に調整される。APD1の電流増倍率Mは光入力レベルが一定であっても温度変化

(作用)

アバランシェフォトダイオード10は、光入力が大きくなるに従って光電流が増大して補正抵抗回路12における電圧降下が増大し、その結果、APDバイアス電圧が下がって電流増倍率特性が最適値に制御される。光入力が或る値以上に大きくなると、補正抵抗回路12における電圧降下が大きくなり過ぎて電流増倍率が下がり、APDの周波数特性が劣化することとなるが、この場合には電圧制限回路13によって補正抵抗回路12の電圧降下が所定値で制限され、電流増倍率は所定値に固定される。この結果、光受信器の最大許容受光電力が改善される。

(実施例)

以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。第2図は本発明の一実施例としての光受信器を示すブロック図である。図中、1はアバランシェフォトダイオードであり、その出力信号は利得可変増幅器2、ピーク検出回路3およびAGC回

により変動するものであるが、温度特性補償回路50はこの温度変動を補正するものであって、APD1の温度変化があった場合でも一定の光入力に対する電流増倍率Mが常に一定に保たれるように、APDバイアス電圧制御回路5からの出力電圧をトランジスタ505の温度特性に基づいて変えるよう制御するものである。

補正抵抗器6の両端には、定電圧ダイオード7がAPDバイアス電圧制御回路5側をアノード、APD1側をカソードとして並列接続される。この定電圧ダイオード7のツェナー電圧としては、APDの周波数特性が急激に劣化する直前の光入力レベル値 $P_m$ が光受信器に入力された時の補正抵抗器6における発生電圧値が選定される。

実施例装置の動作が以下に説明される。第3図は実施例装置の制御特性を説明するための第6図同様の特性図であり、曲線(2)がAPD1の電流増倍率M特性を、曲線(3)が利得可変増幅器2の電気利得G特性を示している。光受信器への光入力光入力が小レベルから徐々に増大していくとAPD1

の光電流も徐々に増大し、それにより補正抵抗器6の両端電圧降下が増大してAPDIに印加される逆バイアス電圧が下がり、よってAPDIの電流増倍率Mは最適曲線(1)にほぼ従って変化していく。

光入力レベルがさらに増大して-13dBm付近を越すと、電流増倍率Mが2以下となり、APDの周波数特性が急激に劣化しますが、この前の時点で補正抵抗器6における両端降下電圧は定電圧ダイオード7によって一定電圧に固定され、よってAPDIの電流増倍率Mも使用可能限界M<sub>min</sub>以上の一定値に固定されてそれ以上下がらないようになる。これによりAPDIの最大許容受光電力P<sub>max</sub>は改善される。

(発明の効果)

本発明によれば、超高速光伝送速度においても、光受信器のアイ開口度が改善され、かつその最大許容受光電力が改善される。

- 7…定電圧ダイオード
- 50…温度特性補償回路
- 51…演算増幅器
- 52…DC-DCコンバータ
- 13…電圧制限回路
- 14…自動利得制御増幅回路

特許出願人

富士通株式会社

特許出願代理人

弁理士 井 桁 貞 一



4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る原理説明図。

第2図は本発明の一実施例としての光受信器のブロック図。

第3図は実施例装置の制御特性を示す特性図。

第4図はアイパターンの評価結果を示す図。

第5図は従来型の光受信器を示すブロック図。

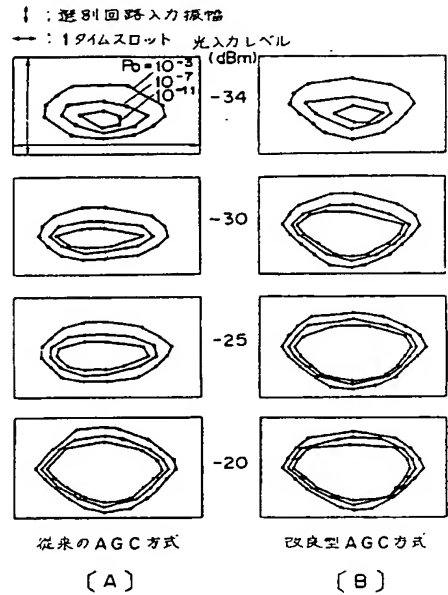
第6図は従来型光受信器の制御特性を示すブロック図。

第7図は改良型光受信器を示すブロック図、および、

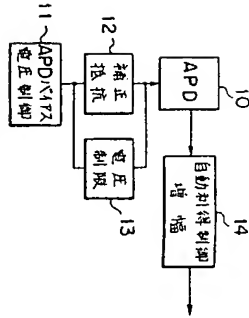
第8図は改良型光受信器の制御特性を示すブロック図である。

図において、

- 1、10…アバランシェフォトダイオード
- 2…利得可変増幅器
- 3…ピーク検出回路
- 4、9…自動利得制御回路
- 5、11…APDバイアス電圧制御回路
- 6、12…補正抵抗器

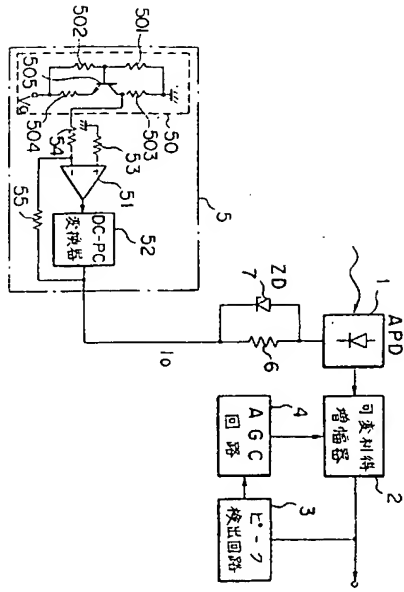


第 4 図



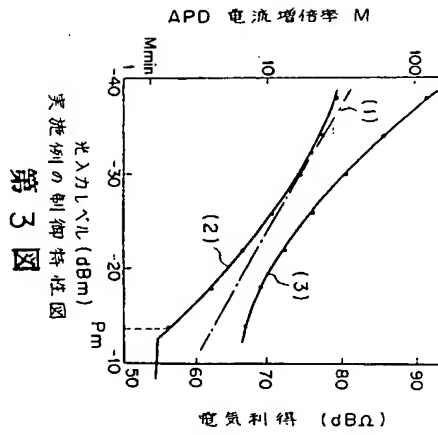
本発明にかから原理図

第1図



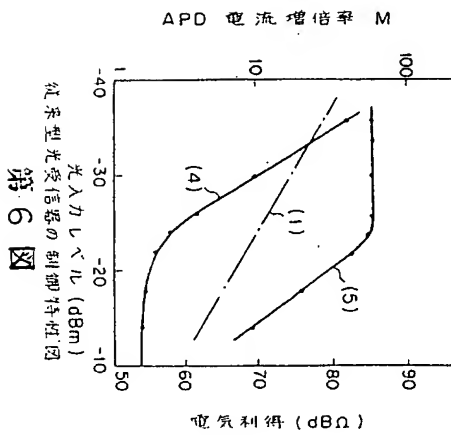
本発明の実施例

第2図



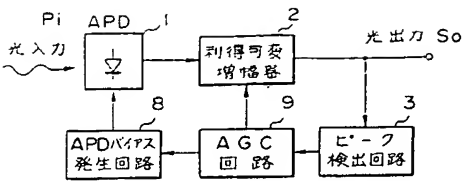
実施例の制御特性図

第3図



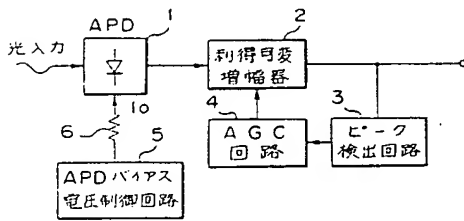
従来型光受信器の制御特性図

第6図



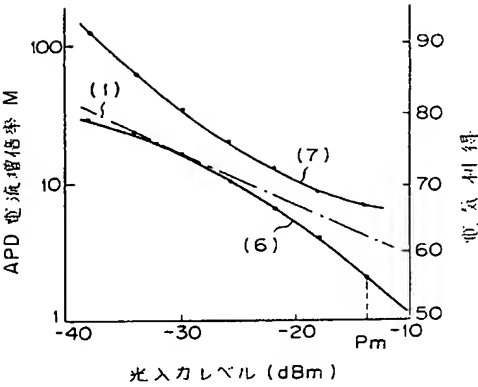
従来型の光受信器

第 5 図



改良型光受信器

第 7 図



改良型光受信器の制御特性図

第 8 図